

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления корпуса масляного насоса

Студент(ка)	<u>И.М. Шатунов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>В.А. Гуляев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления корпуса масляного насоса. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2019.

Ключевые слова: исходные данные для проектирования, заготовка, способ изготовления, маршрут обработки, режимы обработки, план обработки, технологическое оснащение, приспособление, инструмент, безопасность и экологичность объекта, экономическая эффективность.

В бакалаврской работе разработана система автоматического управления процессом резания. Автоматическим управлением по предлагаемому методу можно компенсировать все систематические составляющие погрешности, однако невозможно уменьшить случайные составляющие. Такой вывод подтвержден результатами имитационных экспериментов.

В бакалаврской работе представлено решение ряда вопросов по проектированию техпроцесса: в разделе «Введение» проведен анализ актуальности и сформулирована цель работы; в первом разделе исследованы исходные данные для проектирования технологического процесса изготовления детали; во втором разделе проведена разработка технологического процесса; в третьем разделе спроектированы специальные средства технического оснащения; в четвертом разделе исследованы мероприятия по безопасности и экологичности объекта; в пятом разделе получена величина экономической эффективности разработанной технологии; в итоге представлены основные полученные результаты и выводы.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку, которая состоит из 52 страниц и включает 18 таблиц, 6 рисунков, а также графическую часть работы, которая содержит 7 листов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Классификация поверхностей.....	6
1.2 Анализ технологичности детали.....	8
2 Разработка технологической части работы.....	9
2.1 Определение исходных параметров.....	9
2.2. Анализ известных технологических маршрутов и разработка нового технологического маршрута.....	9
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	10
2.4 Расчет операционных размеров.....	12
2.5 Выбор СТО.....	14
2.6 Выбор приспособлений.....	15
2.7 Выбор режущего инструмента.....	15
2.8 Выбор средств контроля.....	16
2.9 Синхронизация операции.....	17
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	18
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	30
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	30
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	31
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	32
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	33
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	36
4.6 Заключение по разделу.....	38
5 Экономическая эффективность работы.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	43

ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	48

ВВЕДЕНИЕ

В начале любого проекта стоит изучение потребностей рынка, генерирование технической идеи, формулирование технического задания. Затем наступает важнейший этап – проектирование – когда создается описание объекта или процесса, который пока не существует. Процесс проектирования многоэтапный и соответственно включает в себя уточнение технического задания, предварительное проектирование, когда определяются основные технические характеристики будущего изделия, его параметры, математическое моделирование объекта или процесса; эскизное, техническое проектирование и, наконец, изготовление опытного образца. Любой цикл проектирования должен иметь возможность возврата к пройденным этапам.

Требования современного рынка приводят к постоянному ускорению сроков проектирования и изготовления, что затрудняет использование традиционных технологий XX столетия – как проектирования, так и изготовления на универсальном оборудовании или жестких автоматических линиях. Технический прогресс, создание мощных процессоров, цифровых систем автоматического управления, привело к развитию информационных технологий, основной задачей которых является решение возникших противоречий, связанных с ускорением циклов проектирования и производства, а также повышение эффективности цикла эксплуатации изделия. Кроме того, основная тенденция проектирования – уменьшение количества деталей машин за счет расширения их функциональных возможностей, приводит к значительному усложнению формы и, как следствие, технологии изготовления, предусматривающей широкое использование многокоординатных станков с ЧПУ и обрабатывающих центров. Здесь также не обойтись без автоматизированной подготовки управляющих программ.

1 Анализ исходных данных

Корпус масляного насоса является стационарной деталью масляного насоса. Однако он испытывает ударные нагрузки со стороны поршня масляного насоса. Износу подвержены внутренние поверхности корпуса непосредственно, вступающие в контакт с жидкостью. Наличие в жидкости агрессивных сред способствует коррозии поверхностного слоя материала корпуса. Поэтому в качестве материала корпуса выбираем материал с высокими прочностными характеристиками – АК12М2 ОСТ 48-178-80.

Деталь "Корпус масляного насоса", является частью масляного насоса и предназначена для обеспечения герметичности и создания рабочего давления в цилиндре. Обеспечение рабочего давления в цилиндре осуществляется за счет подачи рабочей жидкости через отверстие в крышке.

1.1 Классификация поверхностей

Поверхности 7, 8, 11, 13, 39 и 40 (И), ввиду того, что они выполняют основные служебные функции детали, определим как исполнительные.

Поверхности 1 и 30 (ОБ) определим как основные конструкторские базы, так как они фиксируют положение корпуса помпы.

Поверхности 7, 8, 11, 13, 31, 39, 40 и 42 (ВБ) определим как вспомогательные конструкторские базы, так как они отвечают за положение присоединяемых деталей.

Поверхности 2 – 6, 9, 10, 12, 14 – 29, 32 – 38 и 41 (С) определим как свободные, так как они не сопрягаются с другими деталями.

Заносим эти данные в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Классификация поверхностей

В миллиметрах

Поверхность			Размеры		Шероховатость, Ra
№	Тип	Форма	Значение	Квалитет	
1	2	3	4	5	6
1	П	ОБ	86	11	2,5
2	П	С	118	11	2,5
3	П	С	118	11	2,5
4	Ц	С	10,5	9	3,2
5	Ц	С	10,5	9	3,2
6	П	С	60	11	2,5
7	П	И	80	16	12,5
8	П	И	94	9	1,6
9	Ц	С	20	7	1,6
10	Ц	С	20	7	1,6
11	Ф	И	22	7	3,2
12	Ф	С	22	7	3,2
13	ЦВ	И	20	7	1,6
14	ЦВ	С	20	7	1,6
15	ЦВ	С	12	7	1,25
16	ЦВ	С	14	7	1,25
17	Ф	С	8	8	3,2
18	Ф	С	8	8	3,2
19	Ф	С	8	8	3,2
20	П	С	12	11	3,2
21	Ф	С	8	8	3,2
22	П	С	90	11	2,5
23	П	С	90	11	2,5
24	П	С	90	11	2,5
25	Ц	С	20	7	1,6
26	П	С	24	7	1,6
27	П	С	24	7	1,6
28	П	С	24	7	1,6
29	Ц	С	20	7	1,6
30	Ф	ОБ	88	11	2,5
31	Ф	ВБ	80	16	12,5
32	П	С	12	11	3,2
33	П	С	12	11	3,2
34	П	С	12	11	3,2
35	Ц	С	20	7	1,6
36	П	С	60	11	2,5
37	П	С	60	11	2,5
38	П	С	60	11	2,5
39	Ц	И	20	7	1,6

Продолжение таблицы 1.1

40	ЦВ	И	12	7	1,25
41	ЦВ	С	12	7	1,25
42	ЦВ	ВБ	80	16	12,5

1.2 Анализ технологичности детали

1.2.1 Технологичность заготовки

Материалом для заготовки корпуса масляного насоса возьмем АК12М2 ОСТ 48-178-80. В таблице 1.2 приведен химический состав материала для заготовки.

Таблица 1.2 – Химический состав материала заготовки В процентах

Mn	Si	Mg	Cu	Ti	Ni	Al
0.3–0.6	11–13	0.85–1.35	1.5–3.0	0.05–0.20	0.8–1.3	основа

1.2.2 Технологичность конструкции

Технологичность конструкции детали должна обеспечивать наименьшие затраты при ее изготовлении, сборке изделия, его эксплуатации и ремонте. Деталь технологична по ряду показателей:

- деталь имеет достаточную жесткость и прочность;
- имеется возможность свободного подвода инструментов;
- все крепежные отверстия выполнены одного диаметра.

Корпус масляного насоса является технологичной деталью.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Определение исходных параметров

Для получения заготовки выбираем два варианта: литье в керамические формы и литье в земляные формы.

Тогда суммарная стоимость составит:

$$C_i = C_з + C_{обр}, \quad (2.1)$$

$$C_{zi} = \frac{Ц_{м}}{5000 \cdot M_з \cdot K_{сн} \cdot K_m \cdot K_{сл}}, \quad (2.2)$$

или

$$C_{zi} = \frac{Ц_{м}}{5000} \cdot \frac{M_д}{K_{им} \cdot K_{сн} \cdot K_m \cdot K_{сл}}, \quad (2.3)$$

где $Ц_{м}$ – цена материала заготовки, руб./т; $M_з$ и $M_д$ – масса заготовки и детали, кг.

$$M_д = 9,933 \text{ кг}, M_{з1} = 10,185 \text{ кг}, M_{з2} = 13,782 \text{ кг}.$$

На основании рассмотрения и сопоставления двух различных методов получения заготовки для изготовления корпуса масляного насоса было выявлено, что для дальнейшей разработки следует выбирать вариант получения заготовки методом литья в керамические формы.

2.2. Анализ известных технологических маршрутов и разработка нового технологического маршрута

При изготовлении корпуса масляного насоса применим принцип совпадения баз (измерительной и технологической).

На операции 005 агрегатной применяется комплект технологических баз: установочная база – плоскость поверхности 1. Направляющая база это отверстие под штифт 4. Опорная база также штифтовое отверстие 5. Материализация теоретической схемы базирования происходит при установке заготовки на разжимную оправку.

На первой операции 010 агрегатной, в качестве технологической базы используем технологические базы, указанные на чертеже заготовки – ось и торец поверхности 12⁰⁰. Т.е. заготовка подается до упора, зажимается, а затем упор отводится.

На операции 015 агрегатной применяется установочная база – плоскость поверхности 7. Направляющая база это отверстие 22. Опорная база отверстие 17.

На операции 020 агрегатной применяется установочная база – аналогично операции 015.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

Согласно таблице 2.1 для обработки поверхности 10 по шестому качеству возьмем соответствующую механическую обработку. Из той же таблицы видно, что заданная точность достигается на 4 переходе, а шероховатость – на 3 переходе. Следовательно, обработка должна включать 4 перехода.

Таблица 2.1 – Варианты обработки поверхности 10

№ варианта	Номера переходов				K_y
	1	2	4	5	
1	2	3	4	5	6
1	1 Т(12)	1,6 Т(10)	5,2 Т(8)	8,2 Т(6)	16
2	1 Т(12)	1,6 Т(10)	5,2 Т(8)	2,7 Ш(6)	10,5
3	1 Т(12)	1,6 Т(10)	2,4 Ш(8)	2,7 Ш(6)	7,7
4	1 Т(12)	2,2 Ш(10)	2,4 Ш(8)	2,7 Ш(6)	8,3
5	2 Ш(12)	1,6 Т(10)	5,2 Т(8)	8,2 Т(6)	17
6	2 Ш(12)	1,6 Т(10)	5,2 Т(8)	2,7 Ш(6)	11,5
7	2 Ш(12)	1,6 Тп(10)	2,4 Ш(8)	2,7 Ш(6)	8,7
8	2 Ш(12)	2,2 Ш(10)	2,4 Ш(8)	2,7 Ш(6)	9,3

Свободная поверхность, поверхность 9 (10 квалитет, $R_a = 12,5$): Т(12; 12,5)
– Тп(10; 3,2).

Свободные поверхности, поверхность 8, канавка, поверхность 11 (14 квалитет, $R_a = 12,5$): Т(12; 12,5) – Т(12).

Уступ, поверхность 6 (14 квалитет, $R_a = 12,5$): Т(12; 12,5).

Уступ, поверхность 2 (10 квалитет, $R_a = 1,6$): Т(12; 12,5) – Тп(10; 3,2) –
Шп(10; 1,6).

Торец, поверхность 1 (14 квалитет, $R_a = 12,5$): Т(12; 12,5).

Торец, поверхность 7 (10 квалитет, $R_a = 1,6$): Т(12; 12,5) – Тп(10; 3,2) –
Шп(10; 1,6).

Канавка под уплотнение, поверхность 12 (12 квалитет, $R_a = 2,5$): Т(12;
12,5) – Тп(10; 2,5).

Отверстия под болты, поверхность 16, 17, 4 (14 квалитет, $R_a = 12,5$): С(12; 12,5). Здесь С – сверление.

Резьбовые отверстия, поверхность 18: С(12;12,5) – РН(6Н). Здесь РН – резьбонарезание.

Внутренние поверхности, поверхность 13 (14 квалитет, $R_a = 12,5$): Р(12; 12,5);

здесь Р – растачивание, Рп – растачивание полуступовое;

Внутренние поверхности, поверхность 15 (7 квалитет, $R_a = 0,8$):
Р(12; 12,5) – Рп(10; 3,2) – Шп(8;1,6) – Шч(7;0,8);

Внутренняя поверхность, поверхность 14, (7 квалитет, $R_a = 2,5$): Р(12; 12,5) – Рп(10; 3,2) – Шп(8; 2,5) – Шч(7; 2,5).

Внутренние уступы, поверхность 3, 5 (11 квалитет, $R_a = 12,5$): Р(12; 12,5) – Рп(10; 3,2).

Отверстие, поверхность 20 (14 квалитет, $R_a = 12,5$): С(12; 12,5).

Отверстие под патрубков, поверхность 19: С(12; 12,5) – РН(6Н).

2.4 Расчет операционных размеров

Определение пространственных отклонений.

Для расчета припусков на механическую обработку используем методику, описанную в [9].

1. Минимальный расчетный припуск рассчитывается по формуле:

$$Z_{i\min} = a_{(i-1)} + \sqrt{\Delta^2_{(i-1)} + \varepsilon^2_i}, \quad (2.4)$$

где $a = R_z + h$ – сумма неровностей профиля поверхности и глубины дефектного слоя; Δ – суммарное отклонение формы и расположения

поверхностей, Δ равно 0,25Td; ε – погрешность установки заготовки в приспособлении.

$$Z^1_{\min} = a_0 + \sqrt{\Delta^2 + \varepsilon^2} = 0,5 + \sqrt{0,1^2 + 0,5^2} = 3,8 \text{ мм};$$

$$Z^2_{\min} = a_1 + \sqrt{\Delta^2 + \varepsilon^2} = 0,2 + \sqrt{0,1^2 + 0,3^2} = 0,87 \text{ мм};$$

$$Z^3_{\min} = a_2 + \sqrt{\Delta^2 + \varepsilon^2} = 0,1 + \sqrt{0,1^2 + 0,3^2} = 0,41 \text{ мм};$$

$$Z^4_{\min} = a_3 + \sqrt{\Delta^2 + \varepsilon^2} = 0,05 + \sqrt{0,1^2 + 0,1^2} = 0,2 \text{ мм};$$

2. Расчетный размер d_{\min} .

$$d_{\min}^{i-1} = d_{\min}^2 + 2Z_{\min}^i \quad (2.5)$$

$$d_{\min}^4 = 460,005 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^3 = d_{\min}^4 + 2Z_{\min}^4 = 460,005 + 2 \cdot 0,2 = 460,405 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^2 = d_{\min}^3 + 2Z_{\min}^3 = 460,405 + 2 \cdot 0,41 = 461,225 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^1 = d_{\min}^2 + 2Z_{\min}^2 = 461,225 + 2 \cdot 0,87 = 462,965 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^0 = d_{\min}^1 + 2Z_{\min}^1 = 462,965 + 2 \cdot 3,8 = 470,565 \text{ мм}.$$

3. Максимальный размер.

$$d_{\max}^i = d_{\min}^i + IT^i \quad (2.6)$$

$$d_{\max}^4 = d_{\min}^4 + IT^4 = 460,005 + 0,040 = 460,045 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^3 = d_{\min}^3 + IT^3 = 460,405 + 0,098 = 460,503 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^2 = d_{\min}^2 + IT^2 = 461,225 + 0,16 = 461,385 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^1 = d_{\min}^1 + IT^1 = 462,965 + 0,64 = 463,605 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^0 = d_{\min}^0 + IT^0 = 470,565 + 2,58 = 473,145 \text{ мм}.$$

4. Предельные значения припусков.

$$2Z_{\max}^i = a_{\max}^{i-1} - a_{\max}^i \quad (2.7)$$

$$Z_{\max}^4 = (d_{\max}^3 - d_{\max}^4) / 2 = (460,503 - 460,045) / 2 = 0,229 \text{ мм};$$

$$Z_{\max}^3 = (d_{\max}^2 - d_{\max}^3) / 2 = (461,385 - 460,503) / 2 = 0,441 \text{ мм};$$

$$Z_{\max}^2 = (d_{\max}^1 - d_{\max}^2) / 2 = (463,605 - 461,385) / 2 = 1,11 \text{ мм};$$

$$Z_{\max}^1 = (d_{\max}^0 - d_{\max}^1) / 2 = (473,145 - 463,605) / 2 = 4,77 \text{ мм}.$$

5. Проверка.

$$2Z_{\max}^i - 2Z_{\min}^i = Td^{i-1} - Td^i \quad (2.8)$$

$$2Z_{\max}^4 - 2Z_{\min}^4 = Td^3 - Td^4; 2 \cdot 0,229 - 2 \cdot 0,2 = 0,458 - 0,4; 0,058 = 0,058;$$

$$2Z_{\max}^3 - 2Z_{\min}^3 = Td^2 - Td^3; 2 \cdot 0,441 - 2 \cdot 0,41 = 0,882 - 0,82; 0,062 = 0,062;$$

$$2Z_{\max}^2 - 2Z_{\min}^2 = Td^1 - Td^2; 2 \cdot 1,11 - 2 \cdot 0,87 = 2,22 - 1,74; 0,48 = 0,48;$$

$$2Z_{\max}^1 - 2Z_{\min}^1 = Td^0 - Td^1; 2 \cdot 4,77 - 2 \cdot 3,8 = 9,54 - 7,6; 1,94 = 1,94.$$

Припуски рассчитаны правильно.

2.5 Выбор СТО

Таблица 2.2 – Выбор оборудования

В миллиметрах

Операция	Станок	Заготовка	Мощность, кВт	Скорость, об/мин	Габариты станка	Масса, кг
005	Агрегатный пятипозиционный	400×710	3,7	7000÷10000	1800×2170×2700	4,7
010	Агрегатный восьмипозиционный	400×125	4	9000÷12000	2815×1900×1750	4,3
015	Агрегатный восьмипозиционный	400×125	4	9000÷12000	2815×1900×1750	4,3
120	Агрегатный семипозиционный	280×710	17	1250	3754×4675×2245	8,11

2.6 Выбор приспособлений

Таблица 2.3 – Приспособления

Номер операции	Операция	Приспособление
005	Агрегатная	Специальное приспособление
010	Агрегатная	Специальное приспособление
015	Агрегатная	Патрон ГОСТ 3889-80
020	Агрегатная	Самоцентрирующий патрон ГОСТ 2675-80

2.7 Выбор режущего инструмента

Таблица 2.4 – Выбор РИ

Операция	Наименование операции	ИМ	Режущий инструмент
005	Агрегатная	Т5К10	Резец-вставка ОСТ 2.И.10-1-83
			Резец расточной ГОСТ 18883-73
010	Агрегатная	Т15К6	Резец-вставка ОСТ 2.И.10-1-83
			Резец расточной ГОСТ 18883-73
			Резец фасонный
015	Агрегатная	Р6М5	Сверло спиральное ГОСТ 10903-77
		Р6М5	Зенковка цилиндрическая тип 2 ↓19 ГОСТ 11284-75
		Р6М5	Ступенчатое сверло под М6 ОСТ 2.И.21-1-76
		Р18	Машинный метчик М6-6Н ОСТ 2 И52-1-74
020	Агрегатная	Р6М5	Спиральное сверло ↓12,5 ГОСТ 4010-77

2.5 Выбор средств контроля

Таблица 2.5 – Выбор средств контроля

В миллиметрах

№ операции	Контролируемый размер	Допуск	Квалитет	Мерительный инструмент	Измерительное (контрольное устройство)
005	2А=100	0,35	12	ШЦ–Ш (штангенциркуль) ГОСТ 166–80	
	2Б=65	0,30			
	2Г=59	0,30			
	2Д=90	0,35			
	2Е=142				
	2Г=59	0,12	10		
	2Д=90	0,14			
010	2А=100	0,14	10	ШЦ–Ш (штангенциркуль) ГОСТ 166–80	
	2В=45	0,12			
	2Ъ=85	0,14		Калибр	
015	2Ф=19	0,21	12	Калибр	
	2Х=13	0,18			
	2Ц–М6	0,08	6Н	Калибр	
	2Ш–М20	0,19			
	2Щ=12,5	0,18	12	Калибр	
020	2В=45	0,039	8		БВ–4100 (датчик активного контроля)
	2Г=59	0,046			
	2А=90	0,054			
	2В=45	0,025	7		
	2Г=59	0,030			
	2А=90	0,022	6		

2.6 Синхронизация операции

Необходимо провести синхронизацию операций и позиций внутри каждой операции после сравнения величин штучного времени с величиной такта выпуска.

Результаты расчетов режимов резания сведем в таблицу.

Таблица 2.6 – Режимы резания

Операция	№ позиции	t, мм	S, мм/об	v, м/мин	n, об/мин	T ₀ , мин	T _{шт} , мин
020 Агрегатная	2	2	0,12	160	500	0,89	1,02
	3	1	0,12	177	600	0,74	0,87
	4	0,4	0,06	300	800	1,11	1,21
	5	1	0,45	30	500	0,67	0,79
	6	0,5	0,9	24	400	0,4	0,69
	7	1	0,15	130	200	2,1	2,23
	8	0,2	0,10	180	400	1,6	1,73
	9	0,6	0,5	320	480	0,2	0,33
	10	0,4	0,06	75	800	0,5	0,69

$$T_{шт} = T_0 + T_э,$$

где T_э – вспомогательное время, которое выбирается по справочнику.

Тогда запишем измененные режимы в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Режимы резания

Операция	№ позиции	t, мм	S, мм/об	v, м/мин	n, об/мин	T ₀ , мин	T _{шт} , мин
020 Агрегатная	2	2	0,15	160	700	0,56	0,69
	3	1	0,12	177	900	0,56	0,69
	4	0,4	0,1	300	1000	0,59	0,69
	5	1	0,45	30	600	0,57	0,69
	6	0,5	0,9	24	400	0,4	0,69
	7	1	0,2	130	600	0,56	0,69
	8	0,2	0,15	180	800	0,56	0,69
	9	0,6	0,2	320	400	0,56	0,69
	10	0,4	0,06	75	800	0,5	0,69

3 Проектирование специальных средств оснащения

Увеличение скоростей резания, применение принципов HSM (High Speed Machining) содержит в себе потенциальные возможности повышения производительности, которые можно реализовать только за счет увеличения скоростей формообразующих движений. На этом пути встречаются проблемы, имеющие принципиально разный характер в зависимости от вида формообразующих движений. Если при обработке поверхностей с постоянной кривизной (плоских, цилиндрических и т.п.) ограничением являются предельные режимы резания, определяемые свойствами инструмента, материалом детали, то при обработке сложных поверхностей к ним прибавляются ограничения, связанные с существенной квазистационарностью процесса резания в направлении формообразующей координаты, а также динамические явления в ТОС. Эти два общих возмущения, связанные между собой через геометрические параметры обрабатываемой поверхности, имеют доминирующий характер при решении задачи оптимизации и выборе соответствующего управления.

Процесс обработки сложной поверхности существенным образом отличается от процессов обработки поверхностей постоянной кривизны. Основное отличие состоит в сложных траекториях формообразующих движений, форме инструмента, заготовки – то есть в геометрических условиях. Следствием этого является существенное изменение вектора геометрических параметров срезаемого слоя (в десятки раз) в зависимости от участка поверхности, которая обрабатывается, что приводит к нестационарности всех основных параметров и выходных характеристик процесса.

По этой причине, для управления процессом обработки сложной поверхности наилучшим будет такое управление, которое позволяет прежде всего компенсировать дестабилизирующее действие указанных выше факторов, максимально приблизить условия обработки сложной поверхности к условиям обработки поверхностей постоянной кривизны. Поскольку такое управление

должно выполняться в функции задающей координаты формообразования, то есть быть “быстрым”, в качестве управляющих воздействий лучше всего подходят подача формообразующего движения и при многопроходной обработке – еще и поперечная подача.

В металлообработке применяют два основных принципа управления, а также их комбинации: управление по ошибке и по возмущению. Управление по ошибке предусматривает создание специальных систем автоматического управления с обратными связями и соответствующую модернизацию станочного оборудования. Тем не менее, в связи с высокими скоростями формообразования, присущее любой замкнутой САУ запаздывание может свести на нет все преимущества и даже еще больше дестабилизировать процесс.

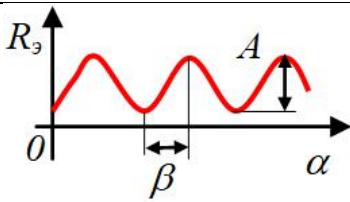
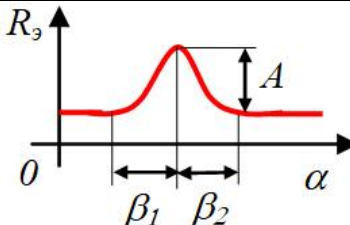
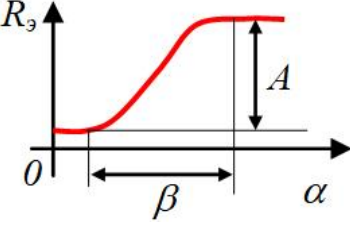
Поэтому практически наиболее действенным методом управления высокоскоростными процессами формообразования является метод управления по возмущению, на основе априорной информации, которая содержится в адекватной математической модели процесса. Причем, эффективность такого управления для обработки сложных поверхностей довольно высокая, поскольку все главные нестационарные возмущения так или иначе связаны с геометрическим взаимодействием исходной инструментальной поверхности с поверхностью заготовки и могут быть с достаточной степенью точности определены на этапе моделирования.

Учитывая доминирующее влияние динамических явлений в ТОС при высоких скоростях формообразования, и руководствуясь основной концепцией максимально возможной компенсации действия дестабилизирующих факторов, предлагается подход, основанный на вариациях рассчитанного по критерию максимальной плавности изменения динамических характеристик закона управления в области возможных значений, образованной технологическими ограничениями.

Анализ формообразующих движений при обработке сложных поверхностей позволяет выделить элементы движений, из которых может быть составлена любая, сколь угодно сложная траектория. Все разнообразие

формообразующих движений может быть сведено к трем группам (смотри таблицу 3.1). В таблице 3.1 параметры формообразующего движения даны для полярной системы координат. В случае формообразования в прямоугольной системе угловые переменные заменяются на линейные.

Таблица 3.1 – Схемы и законы формообразования

№	Формообразующее движение	Характеристика движения
1		Подъем – спуск – подъем с мгновенными остановками
2		Остановка – подъем – спуск – остановка
3		Остановка – подъем – остановка

Для достижения наилучшей точности воспроизведения профиля диаграмма формообразующего движения должна быть плавной, а пиковые значения ускорений минимальными.

Наилучшим законом движения с такой точки зрения для формообразующих движений первой группы является простой гармонический закон с амплитудой A , которая равняется максимальному подъему профиля:

$$Y = \frac{A}{2} \left[1 - \cos \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) \right] \quad (3.1)$$

Наилучшим законом движения с одной остановкой (вторая группа) является двойной гармонический:

$$Y = \frac{A}{2} \left\{ \left[-\cos \left(\frac{\pi \alpha}{\beta} \right) - \frac{1}{4} \left[-\cos \left(\frac{\pi \alpha}{\beta} \right) \right] \right] \right\}, \quad (3.2)$$

а с двумя остановками (третья группа) – циклоидальный закон:

$$Y = \frac{A}{\pi} \left(\frac{\pi \alpha}{\beta} - \frac{1}{2} \sin \left(\frac{\pi \alpha}{\beta} \right) \right). \quad (3.3)$$

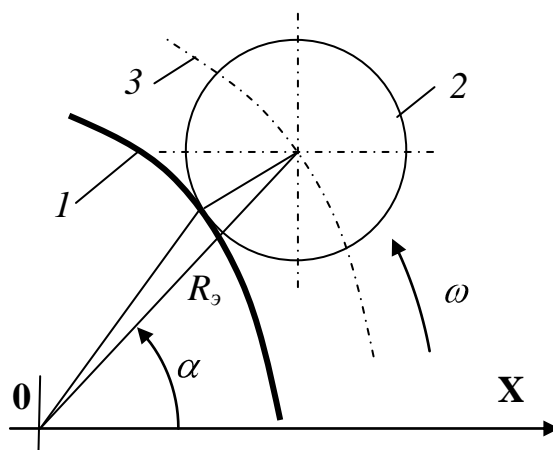


Рисунок 3.1 – Схема формообразования

Схема формообразования произвольной поверхности детали 1, например, в полярной системе координат, предусматривает движение центра инструмента 2 по формообразующей траектории 3 (рисунок 3.1). Задающей координатой в этом случае является угол α .

Скорость относительного формообразующего движения при обработке произвольной поверхности (произвольного контура):

$$\frac{dR_y}{dt} = \frac{dR_y}{d\alpha} \frac{d\alpha}{dt}, \quad (3.4)$$

где $\frac{d\alpha}{dt} = \omega$ – скорость задающей подачи.

Потребовав равенства скоростей формообразующего движения и одного из перечисленных законов, наилучшего для данной поверхности, получим уравнение, которое определяет необходимый закон управления задающей подачей:

$$\omega = \frac{dY/dt}{dR_y/d\alpha}. \quad (3.5)$$

Таким образом, чтобы закон формообразующего движения для первой группы отвечал простому гармоническому, задающей подачей необходимо управлять согласно зависимости, полученной подстановкой производной из зависимости (3.1) в (3.5):

$$\omega = A \cdot \frac{\pi\Omega}{2\beta} \cdot \frac{\sin \left(\frac{\pi\alpha}{\beta} \right)}{dR_y/d\alpha}. \quad (3.6)$$

Аналогично находим для движений второй группы - формула (3.2):

$$\omega = A \cdot \frac{\pi\Omega}{2\beta} \cdot \frac{\sin \left(\frac{\pi\alpha}{\beta} \right) - \frac{1}{2} \cos \left(\frac{\pi\alpha}{\beta} \right)}{dR_y/d\alpha}. \quad (3.7)$$

и третьей группы – формула (3.3):

$$\omega = A \cdot \frac{\Omega}{\beta} \cdot \frac{1 - \cos \left(\frac{\pi\alpha}{\beta} \right)}{dR_y/d\alpha}. \quad (3.8)$$

При расчетах по формулам (3.6) – (3.8) для особых точек поверхности получается неопределенность вида “нуль поделить на нуль”. Для этих точек значения задающей подачи находят по известному правилу раскрытия

неопределенностей. Например, для формообразующих движений первой группы имеем:

$$\omega = \frac{\pi^2 \Omega}{2\beta^2} \cdot \frac{\cos(\alpha/\beta)}{d^2 R_y / d\alpha^2}. \quad (3.9)$$

В зависимостях (3.6) – (3.9) – основной параметр, который определяет средний уровень изменения, рассчитывается по допустимой динамической точности воспроизведения поверхности. Для этого расчета можно воспользоваться уравнением движения упругой системы, которая, в первом приближении, представлена как одномассовая модель без учета демпфирования:

$$T^2 \ddot{\delta}_a + \delta_a = T^2 \ddot{Y} + Y, \quad (3.10)$$

где T^2 – постоянная времени системы.

При наличии демпфирования в реальной системе после затухания свободных колебаний динамическая точность определяется частным решением линейного дифференциального уравнения (3.10) на основе принципа суперпозиций. Например, для деталей второй группы имеем:

$$\delta_a = \frac{5}{8} A - \frac{\cos Bt}{2} A - \frac{(B^2 T_2^2 - 1) \cos 2Bt}{8(-B^2 T_1^2)} A, \quad (3.11)$$

Первая составляющая постоянна и может быть компенсирована простой коррекцией управляющей программы. Из (3.11) находим максимальное значение динамической ошибки воспроизведения:

$$(\delta_a)_{\max} = \frac{A(B^2 T_2^2 - 5/4)}{2(-B^2 T_1^2)}. \quad (3.12)$$

Задавая максимально допустимое значение динамической ошибки, по зависимости (3.12) можно рассчитать максимальное значение параметра, что определяет верхнюю границу области возможных значений задающей подачи. Управление задающей подачей, должно также максимально стабилизировать условия резания, которые можно оценить, например, по скорости снятия припуска в функции задающей координаты [15]. Поэтому, для принятия компромиссного решения между технологическими и динамическими требованиями необходимо определить закон управления задающей подачей, который вместе с тем стабилизирует скорость снятия припуска по контуру:

$$\omega(\alpha, H) = Q_H(H) / Q(\alpha, H), \quad (3.13)$$

Увеличение скоростей формообразования на станках с ЧПУ приводит к возникновению новой проблемы формирования законов движения на участках холостых траекторий. Причем, такая проблема возникает не только при обработке сложных поверхностей, но и в гораздо более простых случаях. Например, при фрезеровании плоской поверхности 1 торцевой фрезой 2 при применении HSM возникают проблемы динамического плана при движении по традиционной траектории во время перехода на другой рабочий проход (рисунок 3.2, а).

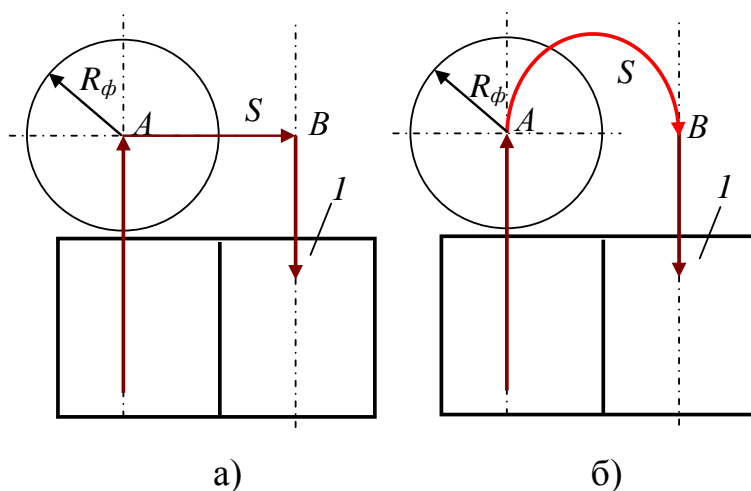


Рисунок 3.2 – Управление траекториями холостого движения

Ведущие производители САМ-систем уже заметили такую проблему и предлагают в своих программных продуктах (например, Mastercam) реализацию движения на участке АВ по дуге сопряженной окружности (рисунок 3.2, б). Элементарный анализ такого решения показывает, что, не смотря на улучшение динамических свойств предложенной траектории, она все же обладает существенными недостатками: излом закона скорости и разрыв закона ускорения.

Гораздо более сложные проблемы возникают при обработке 3-D поверхностей, когда за время холостого хода необходимо совершить переход из одного положения, характеризующегося определенной скоростью и ускорением в другое, имеющее другие значения скорости и ускорения. Методику решения такой задачи удобно рассмотреть на примере формирования траектории холостого движения при шлифовании сложной поверхности ручья калибра.

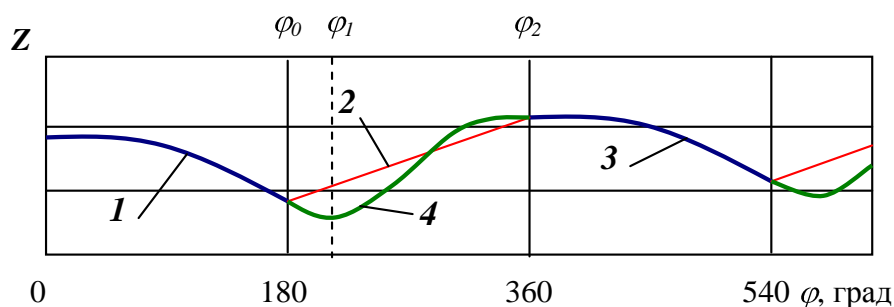


Рисунок 3.3 – Траектории движения при обработке профиля

Для применения законов движения, наилучших по заданному критерию в качестве траекторий холостого хода, необходимо проанализировать параметры траекторий формообразующих движений на участках, которые сшиваются, то есть в области от 180° до 360° (рисунок 3.3).

В соответствии с принятым началом координат на станке и направлением формообразующих движений на рисунке 3.4 представлен фрагмент траектории по координате z и ее параметры в конце и в начале участков формообразующих движений. При постоянной скорости изменения координаты такие производные

прямо пропорциональны скорости и ускорению движения по соответствующей координате.

Проведенный анализ возможных траекторий показал, что наилучшим по минимуму второй производной и максимальной плавности изменения будет движение по траектории, которая состоит из двух законов: на участке угла от φ_0 к φ_1 – по простому гармоническому закону, на участке угла от φ_1 к φ_2 – по двойному гармоническому закону. При определении параметров принятых законов необходимо учитывать такие начальные условия, чтобы не только перемещение, но и производные, на концах участков, которые сшиваются, совпадали. Кроме того, необходимо рассчитать величину угла φ_1 , который определяет предел действия первого и второго законов движения.

В соответствии с избранной стратегией закон изменения аналога ускорения на первом участке имеет вид:

$$\frac{d^2 z}{d\varphi^2} = z_a \sin \frac{\pi \varphi}{2\varphi_1}, \quad (3.14)$$

где z_a – амплитуда аналога ускорения.

Поочередным интегрированием зависимости (3.14) можно получить законы изменения аналога скорости и перемещения:

$$\frac{dz}{d\varphi} = -\frac{2\varphi_1 z_a}{\pi} \cos \frac{\pi \varphi}{2\varphi_1} + C_1, \quad z = -\frac{4\varphi_1^2 z_a}{\pi^2} \sin \frac{\pi \varphi}{2\varphi_1} + C_2, \quad (3.15)$$

где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования.

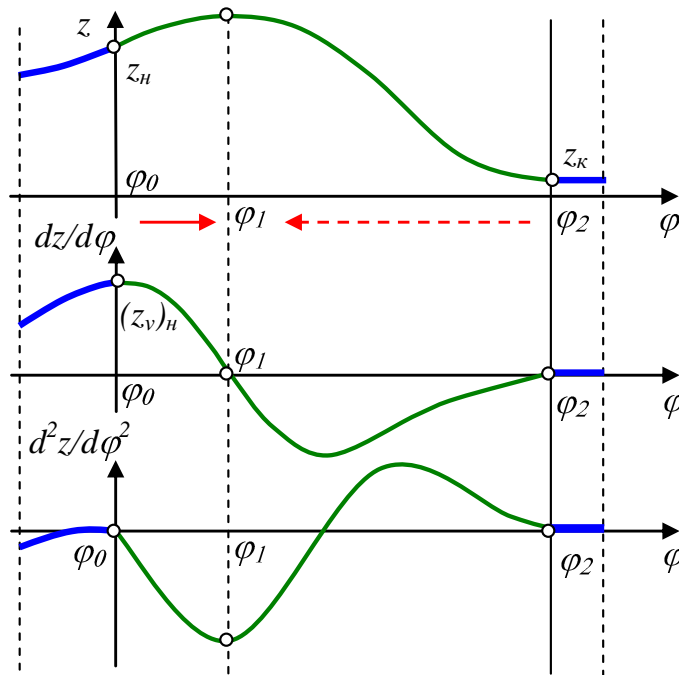


Рисунок 3.4 – Оптимальная траектория холостого движения и ее параметры

Постоянные интегрирования определяются, как всегда, начальными условиями, которые должны гарантировать сшивание участков и необходимую плавность движения. Откуда из уравнения (3.15) для аналога скорости движения можно определить связь между амплитудой A аналога ускорения и аналогом скорости в начале первого участка:

$$z_a = -\frac{\overset{\curvearrowright}{v} \pi}{2\varphi_1}, \quad (3.16)$$

Таким образом, закон движения на первом участке окончательно определяется по такой формуле:

$$z = \frac{2\varphi_1 \overset{\curvearrowright}{v} \pi}{\pi} \sin \frac{\pi\varphi}{2\varphi_1} + z_n. \quad (3.17)$$

Закон движения на втором участке должен отвечать двойному гармоническому закону, который в общем виде определяется по формуле (3.2). Причем для обеспечения сшивания двух законов движения направление

изменения аргумента на втором участке принято противоположным первому (рисунок 3.4).

Для определения амплитуды A движения и условий сшивания, которые обеспечат плавность движения, необходимо требовать равенства вторых производных движения в конце первого и в начале второго участков (рисунок 3.4). Вторая производная с учетом (3.2) имеет вид:

$$\frac{d^2 z}{d\varphi^2} = \frac{A\pi}{\delta\varphi^2} \cos \frac{\pi\varphi}{\delta\varphi} - \frac{A\pi}{\delta\varphi^2} \cos \frac{2\pi\varphi}{\delta\varphi}. \quad (3.18)$$

Далее можно получить выражение для расчета амплитуды, которая обеспечит плавность движения, то есть отсутствие разрыва закона изменения аналога ускорения:

$$z_a = \frac{A\pi}{\delta\varphi^2} \cos \pi - \frac{A\pi}{\delta\varphi^2} \cos 2\pi = -\frac{2A\pi}{\delta\varphi^2}. \quad (3.19)$$

Из уравнения (3.19) после подстановки выражения (3.16) можно получить:

$$A = \frac{\epsilon_v \delta\varphi^2}{4\varphi_1}. \quad (3.20)$$

Таким образом, по формуле (3.2) с учетом (3.20) и для обеспечения выполнения начального условия, окончательно можно получить закон движения на втором участке:

$$z = \frac{3\epsilon_v \delta\varphi^2}{8\pi\varphi_1} - \frac{\epsilon_v \delta\varphi^2}{4\pi\varphi_1} \cos \frac{\pi\varphi}{\delta\varphi} + \frac{\epsilon_v \delta\varphi^2}{8\pi\varphi_1} \cos \frac{2\pi\varphi}{\delta\varphi} + z_k. \quad (3.21)$$

Как видно из полученных уравнений движений (3.17) и (3.21), для окончательного решения задачи управления необходимо рассчитать угол 1 ,

который будет определять диапазон действия первого и второго законов. Из условий равенства перемещений в конце первого и в начале второго участков можно получить уравнение:

$$3\epsilon_{v\varphi} \varphi_1^2 + 2(z_n - z_k) \varphi_1 + \epsilon_{v\varphi} \varphi_2 \varphi_1 - \epsilon_{v\varphi} \varphi_2^2 = 0 \quad (3.22)$$

Уравнение (3.22) является квадратным относительно угла φ_1 , которое имеет действительное решение.

Предложенная методика решения задачи проектирования закона движения на холостом ходе предполагает предварительное определение начального z_n и конечного z_k значений управляемой координаты, диапазона изменения координаты φ_2 , а также величины $(z_v)_n$ скорости изменения координаты в начале участка холостого хода. В результате автоматически проектируется комбинированный закон управления, состоящий из двух законов и обеспечивающий минимально возможное ускорение и отсутствие разрывов первой и второй производных.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Разработка мероприятий по обеспечению безопасности и экологичности проводится с использованием методики и данных учебно-методического пособия [25].

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

Характеристики рассматриваемого технического объекта приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления корпуса масляного насоса	Агрегатная операция	Оператор станков с программным управлением	Агрегатный восьмипозиционный, патрон ГОСТ 3889-80, Резец расточной ГОСТ 18883-73 Т15К6	АК12М2 ОСТ 48-178-80, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 содержит результаты проведения идентификации профессиональных рисков.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
Агрегатная операция	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Обрабатываемая заготовка, металлорежущий станок, смазочно-охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Результаты данного раздела приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего
1	2	3
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктажи по охране труда, удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки с покрытием из полимера
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, защитные очки
Опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки с покрытием из полимера
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным	Инструктажи по охране труда, установка оборудования на	Резиновые виброгасящие коврики

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
уровнем общей вибрации	виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации	
Опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Инструктажи по охране труда, изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных	Применение наушников или вкладышей
Опасные и вредные производственные факторы, электрического тока	Инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 4.4 – 4.6 представлен комплекс мер по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Механическая обработка корпуса масляного насоса	Обработка центр	Пожары класса В	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	Осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Пенные огнетушители, ящики с песком, пожарные багры, ломы	Автомобильные, пожарные, мотопомпы	Система пожаротушения аэрозолью	Извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Пожарные рукава, арматура, гидранты	Респираторы, противогазы	Комплект универсального пожарного инструмента	Извещатели речевые и световые автоматические

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Технологический процесс изготовления корпуса масляного насоса	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей на базе негорючих составов, хранение ветоши в негорючем ящике, соблюдение правил электробезопасности	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты данного анализа представлены в таблицах 4.7, 4.8.

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Технологический процесс изготовления корпуса масляного насоса	Обрабатывающий центр	Масляный туман, пыль	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей	Стружка, ветошь, металлолом, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления вала конического
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение многоступенчатой системы очистки сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Разделение жидких и твердых отходов. Утилизация отходов на специальных полигонах

4.6 Заключение по разделу

В разделе приведена характеристика рассматриваемого технического объекта: технологического процесса изготовления корпуса масляного насоса. Рассматривается агрегатная операция. На данной операции используется оператор станков с программным управлением. Работает на восьмипозиционном агрегатном станке. В качестве приспособления используется патрон ГОСТ 3889-80 и соответствующий инструмент Резец

расточной ГОСТ 18883-73 Т15К6; при этом применяются технологические и расходные вещества и материалы АК12М2 ОСТ 48-178-80, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь (таблица 4.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков, где на рассматриваемой технологической операции выявлены опасные и вредные факторы. Это острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризуемые повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью. В качестве источников выявлены обрабатываемая заготовка, металлорежущий станок, смазочно-охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент (таблица 4.2).

Для устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных факторов предлагаются соответствующие методы и средства. Такие, как инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений, установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации, изоляция звукопоглощающими материалами, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей, а также соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов (таблица 4.3).

Проведена идентификация классов и опасных факторов пожара для участка, где проводится механическая обработка корпуса масляного насоса (таблица 4.4). Произведен выбор средств пожаротушения (таблица 4.5) и

предложены организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта технологического процесса изготовления корпуса масляного насоса (таблица 4.6).

В разделе идентифицированы негативные экологические факторы технического объекта технологического процесса изготовления корпуса масляного насоса (таблица 4.7). Предложены организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду: атмосферу – оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами, гидросферу – применение многоступенчатой системы очистки сточных вод и литосферу – разделение жидких и твердых отходов, а также утилизация отходов на специальных полигонах (таблица 4.8).

Рассмотрев опасные вредные производственные факторы производственного объекта, воздействие этого объекта на окружающую среду, возможные чрезвычайные и аварийные ситуации на его территории и предложив меры по их устранению можно сделать вывод о том, что проектируемый технологический процесс удовлетворяет необходимым нормам и не наносит сильного вреда человеку и окружающей среде – технологический процесс изготовления корпуса масляного насоса.

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

На агрегатной операции 020 применяется:

- агрегатный станок;
- патрон;
- комплекс инструментов для выполнения всех необходимых этапов.

Совершенствование данной операции позволило сократить основное и штучное время ее выполнения. При данных условиях основное время операции составляет 1,004 мин., а штучное – 1,613 мин.

Используя методику определения капитальных вложений [26] была определена сумма инвестиций, которая составила 30610,18 руб.

Используя методику расчета технологической себестоимости [26], была определена величина данного показателя по сравниваемым операциям. Итоговое значение было получено путем суммирования таких значений, как:

- основная заработная плата рабочих;
- начисления на заработную плату;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

Значения описанных параметров по сравниваемым вариантам выполнения операции 020 представлены на рисунке 5.1.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что они все имеют тенденцию к уменьшению, что положительно сказывается на итоговой величине технологической себестоимости, которая снижается на 15,3% и в проектируемом варианте технологического процесса изготовления корпуса масляного насоса составит 12,26 руб.

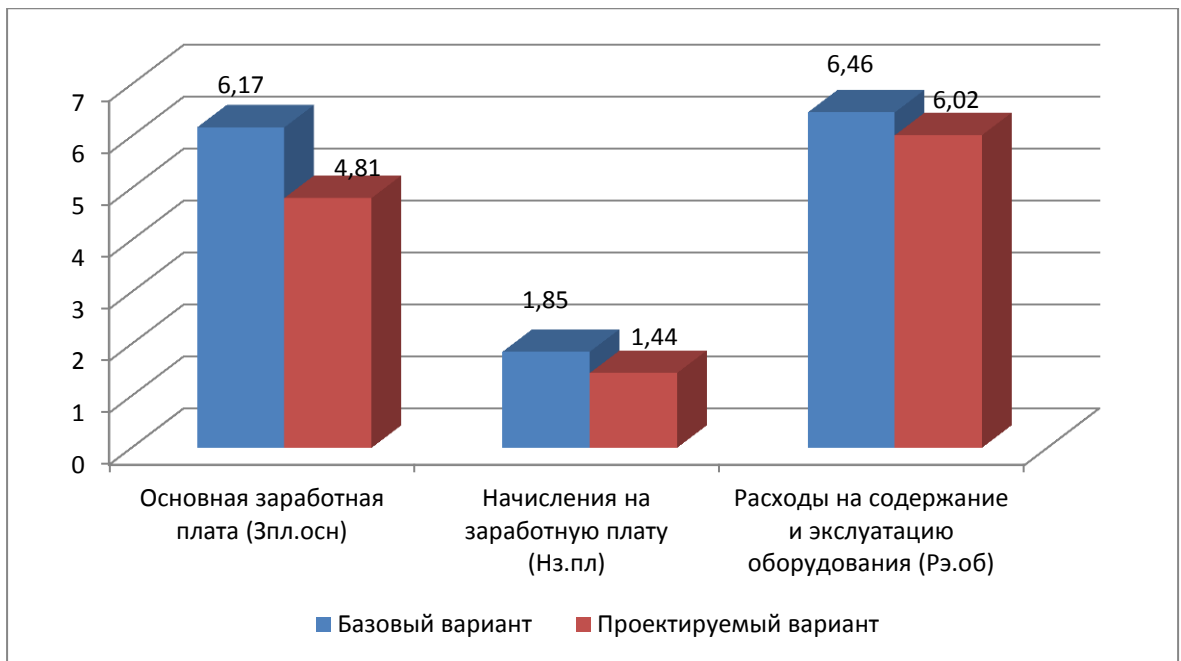


Рисунок 5.1 – Параметры, входящие в технологическую себестоимость детали «корпуса масляного насоса», по сравниваемым операциям, руб.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [26] была определена полная себестоимость выполнения операции 020 (рисунок 5.2).

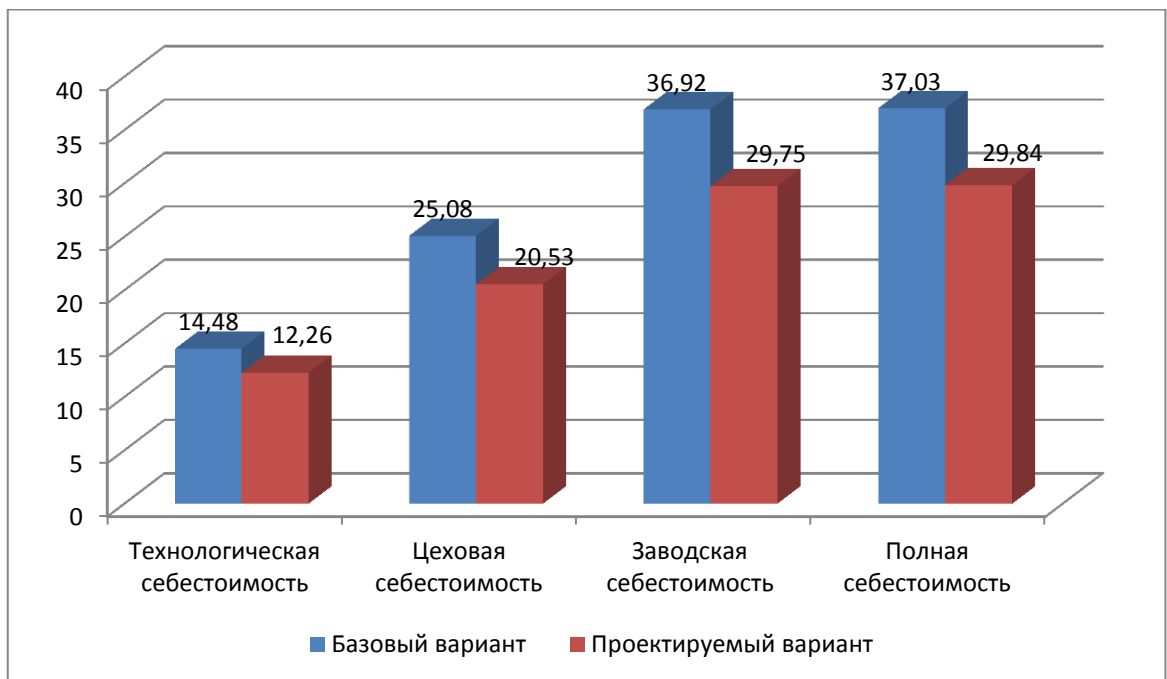


Рисунок 5.2 – Калькуляция себестоимости по вариантам технологического процесса выполнения операции 020, руб.

Как видно из рисунка, полная себестоимость составила в базовом варианте – 37,03 руб., а в проектном – 29,84 руб. Изменения по данному параметру составит 19,4%.

Благодаря такой разнице, предприятие может получить чистую прибыль в размере 28760 руб., что окупит предполагаемые инвестиции (28760 руб.) в течение 2-х лет. Данное значение срока окупаемости является основанием для того, чтобы предлагаемые совершенствования считать эффективными. Но для полноты формулируемых выводов, были проведены расчеты по определению величины чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 4592,06 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт) > 0, то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [26]. Его величина составила 1,15 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы представлено решение ряда вопросов по проектированию технологического процесса: выполнены все необходимые исследования, результаты которых были получены в соответствующих разделах работы:

- в разделе «Введение» проведен анализ актуальности и сформулирована цель работы;

- в первом разделе исследованы исходные данные для проектирования технологического процесса изготовления детали;

- во втором разделе проведена разработка технологического процесса;

- в третьем разделе спроектированы специальные средства технического оснащения;

- в четвертом разделе исследованы мероприятия по безопасности и экологичности объекта;

- в пятом разделе получена величина экономической эффективности разработанной технологии в размере 28760 руб.

Таким образом можно утверждать, что поставленная цель выполненной бакалаврской работы достигнута – это разработка технологического процесса изготовления корпуса масляного насоса с минимальной себестоимостью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов, И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие / И.С. Иванов – М. : ИНФРА-М, 2015. – 198 с.
2. Иванов, И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие / И.С. Иванов – М. : ИНФРА-М, 2014. – 223 с.
3. Филонов, И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. – 110 с.
4. Silberschmidt, V. Mechanics of Advanced Materials: Analysis of Properties and Performance / V. Silberschmidt, V. Matveenko. Switzerland : Springer International Publishing, 2015. – 205 p.
5. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. - 256 с.
6. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник / В.Ф. Безъязычный – М. : Инновационное машиностроение, 2016. – 568 с.
7. Гельфгат, Ю.И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: учебное пособие для машиностроительных техникумов / Ю.И. Гельфгат – М. : Высшая школа, 1986. – 271 с.
8. Grote, K.-H., Antonsson, E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson. – New York : Springer Science+Business Media, 2008. – 1589 p.
9. Байкалова, В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. – 105 с.
10. Клепиков, В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 229 с.

11. Клепиков, В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. – 860 с.
12. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. – 736 с.
13. Nee, A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. – 3491 p.
14. Данилевский, В.В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения / В.В. Данилевский, Ю.И. Гельфгат. – М. : Высшая школа, 1988. – 222 с.
15. Приходько, И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. – 171 с.
16. Bertsche, B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015 – 502 p.
17. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. – 512 с.
18. Некрасов, С.С. Технология машиностроения / С.С. Некрасов, И.Л. Приходько, Л.Г. Баграмов. – М. : Колос, 2005. – 360 с.
19. Суслов, А.Г. Технология машиностроения: учебник / А.Г. Суслов – М. : КНОРУС, 2013. – 336 с.
20. Rösler, J. Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites / J. Rösler, H. Harders, M. Bäker. – Berlin Heidelberg New York : Springer, 2007 – 540 p.
21. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. – 352 с.
22. Зуев, А.А. Технология машиностроения. – 6-е издание, исправленное и дополненное / А.А. Зуев – СПб. : Издательство «Лань», 2003. – 496 с.

23. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие / В.Ф. Скворцов – М. : ИНФРА-М, 2016. – 330 с.
24. Кондаков, А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / А.И. Кондаков – М. : КНОРУС, 2012. – 400 с.
25. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно- методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.
26. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. – 46 с.
27. Косов, Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. – 304 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Операционная карта и карта эскизов

